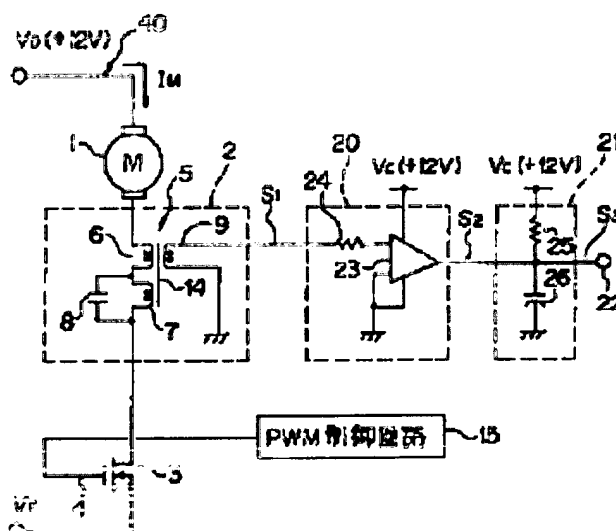


ROTATION DETECTOR FOR SMALL DC MOTOR

Patent number: JP6339293
Publication date: 1994-12-06
Inventor: TATEGAMI TORU
Applicant: MABUCHI MOTOR CO
Classification:
- international: H02P5/06; H02K11/00
- european:
Application number: JP19930148461 19930527
Priority number(s): JP19930148461 19930527

Abstract of JP6339293

PURPOSE: To provide a rotation detector for small DC motors which can detect the rotation of a motor by always outputting stable detecting signals even when the current of the motor increases or decreases due to the variation of the loaded state of the motor and, at the same time, which is not restricted by the potential of each signal. **CONSTITUTION:** In this rotation detector which detects the rotation of a small motor 1 by obtaining detecting signals from the variation of the current I_M of the motor flowing to the brush of the motor 1, the primary-side circuit of a transformer 5 is constituted of a first coil 6 to which the current I_M is made to flow, second coil 7 which is connected in series with the coil 6 and, at the same time, is wound around an iron core 14 together with the coil 6 in such a state that the winding direction of the coil 7 is opposite to that of the coil 6 and the number of turns of the coil 7 is equal to that of the coil 6, and capacitor 8 connected in parallel with one of the coils 6 and 7. An AC signal S_1 generated by the AC component of the current I_M is outputted from the secondary-side circuit of the transformer 5.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-339293

(43) 公開日 平成6年(1994)12月6日

(51) Int.Cl.⁵

H 0 2 P 5/06

H 0 2 K 11/00

識別記号

庁内整理番号

U 4238-5H

B

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平5-148461

(22) 出願日 平成5年(1993)5月27日

(71) 出願人 000113791

マブチモーター株式会社

千葉県松戸市松飛台430番地

(72) 発明者 館上 徹

千葉県印旛郡本埜村竜腹寺280番地 マブ

チモーター株式会社技術センター内

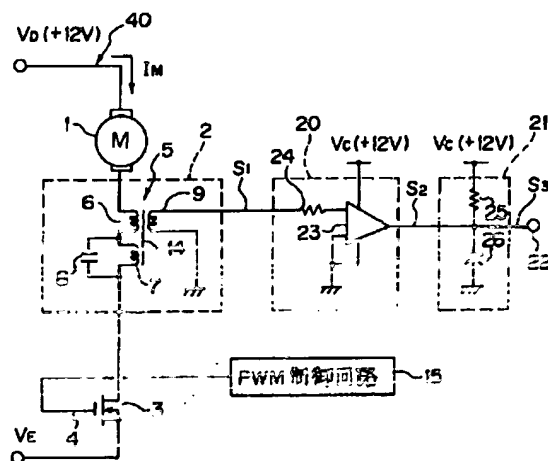
(74) 代理人 弁理士 宮地 暖人

(54) 【発明の名称】 小型直流モータの回転検出装置

(57) 【要約】

【目的】 モータの負荷状態の変動によりモータ電流が増減しても常に安定した検出信号を出力してモータ回転を検出することができ、また、各信号の電位関係の制約を受けることのない小型直流モータの回転検出装置を提供する。

【構成】 ブラシに流れるモータ電流 I_M の変化から検出信号を得る小型直流モータ 1 の回転検出装置において、モータ電流 I_M が流れる第 1 のコイル 6 と、第 1 のコイル 6 に直列に接続されるとともに、第 1 のコイル 6 と同一巻数で逆方向に巻回され且つ鉄心 14 を共有する第 2 のコイル 7 と、前記両コイル 6、7 のうち一方のコイルに並列に接続されたコンデンサ 8 によりトランス 5 のトランス一次側回路を構成し、トランス 5 のトランス二次側回路からモータ電流 I_M の交流成分による交流の信号 S_1 を出力する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ブラシに流れるモータ電流（ I_a ）の変化から検出信号を得る小型直流モータ（1）の回転検出装置において、

前記モータ電流が流れる第1のコイル（6）と、この第1のコイル（6）に直列に接続されるとともに、該第1のコイルに対して逆方向に巻回され且つ磁心（14）を共有して該第1のコイルの磁界と同じ強さの磁界を発生させる第2のコイル（7）と、前記両コイル（6、7）のうち一方のコイルに並列に接続されたコンデンサ

（8）とによりトランス（5）のトランス一次側回路を構成し、
前記トランスのトランス二次側回路から前記モータ電流の交流成分による交流の信号（ S_1 ）を出力することを特徴とする小型直流モータの回転検出装置。

【請求項2】 ブラシに流れるモータ電流（ I_a ）の変化から検出信号を得る小型直流モータ（1）の回転検出装置において、

磁心（14）を共有し且つ互いに逆方向に巻回されて同じ強さの磁界を発生させる第1及び第2のコイル（6、7）が直列に接続されるとともに前記両コイル（6、7）のうち一方のコイルには並列にコンデンサ（8）が接続されて前記モータ電流が流れるトランス一次側回路を有するトランス（5）と、

このトランスのトランス二次側回路から出力される前記モータ電流の交流成分による交流の信号（ S_1 ）を整流及び増幅する整流増幅回路（20）と、

この整流増幅回路から出力される信号（ S_2 ）を平滑化して回転信号（ S_3 ）として出力する平滑回路（21）とを備えたことを特徴とする小型直流モータの回転検出装置。

【請求項3】 前記モータ電流が流れる向きを正逆方向に切替えて前記小型直流モータ（1）を可逆運転する可逆運転回路（31）に接続されたことを特徴とする請求項1又は2記載の小型直流モータの回転検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は小型モータに係り、特に小型直流モータの回転数などのモータ回転を検出する回転検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】小型直流モータは、小型カメラ等の精密機器、CD（コンパクトディスク）プレーヤ等の音響映像機器、パワーウィンド等の自動車用電装機器を始めとしてあらゆる分野で広く使用されている。

【0003】かかる小型直流モータのモータ回転を検出する回転検出装置としては、専用のブラシとスリップリングとからなる回転検出機構をモータ内に設け、この回転検出機構によりオンオフ信号を得るものが一般的である。ところが、この回転検出装置はモータ内に回転検出

2

機構を組み込んでいるため、モータ内部の構造が複雑になるとともに、回転検出機構を持たないモータと比べてモータの軸方向寸法（所謂モータ全長）が大きくなるという欠点がある。

【0004】本来、小型直流モータが組込まれるアクチュエータのほとんどは小さなスペースにアッセンブリされる。そのため、回転検出機構の追加によるモータの外形寸法の増大はアクチュエータの大型化につながるもので許されない場合が多い。強いて寸法内に収めるようにすれば、直流モータとして不可欠な整流子やブラシ等の構成に無理がかかってしまう。また、回転検出機構がモータに直接取付けてあるので、モータより離れた場所に制御部を設置する場合には、モータから制御部までの信号線の引き回し距離が長くなる。

【0005】これらの欠点を解決する別の手段として、ブラシに流れるモータ電流から検出信号を得るものもある。例えば、特開平4-172984号公報には、直流モータのモータ電流が流れる駆動回路中にシャント抵抗を設けて検出信号を得る回転速度検出回路が提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】この回転速度検出回路では、モータの負荷状態によって検出信号のレベルが変動するため、検出回路のアンプが飽和する恐れがあるため、専用の回路を設けてこれを防止している。しかしながら、モータ電流が流れる駆動回路と検出回路とが絶縁されないで直接接続されているため、複数のモータ回路及びその回転検出回路を相互に接続して使用する場合には、各信号の電位関係に注意を払わなければならない、実装上の制約が生じやすいという課題があった。

【0007】本発明は、かかる課題を解決するためになされたもので、モータの負荷状態の変動によりモータ電流が増減しても安定した検出信号を出力してモータ回転を検出することができ、また、各信号の電位関係の制約を受けることのない小型直流モータの回転検出装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するため、本発明の小型直流モータの回転検出装置は、ブラシに流れるモータ電流の変化から検出信号を得る小型直流モータの回転検出装置において、前記モータ電流が流れる第1のコイルと、この第1のコイルに直列に接続されるとともに、該第1のコイルに対して逆方向に巻回され且つ磁心を共有して該第1のコイルの磁界と同じ強さの磁界を発生させる第2のコイルと、前記両コイルのうち一方のコイルに並列に接続されたコンデンサとによりトランスのトランス一次側回路を構成し、前記トランスのトランス二次側回路から前記モータ電流の交流成分による交流の信号を出力するものである。

【0009】なお、本発明の別の回転検出装置は、ブラ

シに流れるモータ電流の変化から検出信号を得る小型直流モータの回転検出装置において、磁心を共有し且つ互いに逆方向に巻回されて同じ強さの磁界を発生させる第1及び第2のコイルが直列に接続されるとともに前記両コイルのうち一方のコイルには並列にコンデンサが接続されて前記モータ電流が流れるトランス一次側回路を有するトランスと、このトランスのトランス二次側回路から出力される前記モータ電流の交流成分による交流の信号を整流及び増幅する整流増幅回路と、この整流増幅回路から出力される信号を平滑化して回転信号として出力する平滑回路とを備えている。

【0010】また、前記モータ電流が流れる向きを正逆方向に切替えて前記小型直流モータを可逆運転する可逆運転回路に、前記回転検出装置を接続した場合であってもよい。

【0011】

【作用】小型直流モータにおいては、回転軸に整流子が設けられ、ケーシングに取付けられたブラシが整流子と摺動係合している。モータの電機子にはブラシ及び整流子を介してモータ電流が供給されるので、電機子とともに回転する整流子をブラシが乗り越えるたびにモータ電流が脈動する。このモータ電流は、直流成分とこの直流成分に加えられて脈動する交流成分とからなっていると考えることができる。

【0012】トランス一次側回路の第1、第2のコイルは、磁心を共有し且つ互いに逆方向に巻回されて同じ強さの磁界を発生させるので、前記直流成分により第1のコイルで発生する磁界と第2のコイルで発生する磁界とがトランスの磁心内で互いに打ち消しあってキャンセルされることとなり、磁心内の磁界が飽和することはない。

【0013】また、第1、第2のコイルのうちコンデンサが接続された方のコイルに流れるモータ電流の交流成分はコンデンサにバイパスされるので、このコイルには交流成分は流れない。結局、トランス一次側回路のコンデンサの接続されていないコイルのみが交流磁界を発生し、この交流磁界の電磁誘導作用によりトランス二次側回路に誘導起電力が誘起され、この誘導起電力によりトランスから交流の信号が出力される。

【0014】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図1乃至図5に基づいて説明する。図1は回転検出装置の回路図、図2は図1の部分詳細図、図3は図2の外観構造を示す斜視図である。

【0015】小型直流モータのうちブラシ付き小型直流モータは、ケーシングの内部に永久磁石を取付け、永久磁石の内方に回転子を配設している。回転子は、回転軸と、この回転軸に取付けられて電機子巻線が巻回され、永久磁石により回転力が付与される電機子と、円筒形に組立てられて回転軸に取付けられるとともに電機子に電

氣的に接続された整流子とを備えている。また、ケーシングに取付けられたブラシが整流子と摺動係合している。

【0016】従って、モータ電流がブラシ及び整流子を介して電機子に供給されると、永久磁石によって形成されている磁界中に存在する電機子に回転力が付与されて回転子は回転運動をする。整流子が回転することにより、ブラシが整流子を乗り越えるたびに電機子を流れる電流が切替えられ、ブラシに流れるモータ電流に脈動が生ずる。

【0017】小型直流モータ1に流れるモータ電流 I_m の波形を、図4(A)に示している。図示するように、モータ電流 I_m の電流成分は、直流成分と、該直流成分に加えられて脈動している交流成分とからなっている。交流成分の周期は、ブラシと整流子とを介して電機子に流れるモータ電流が切替えられる周期と一致している。

【0018】なお、小型直流モータの負荷状態が変動すれば、モータ電流 I_m も増減するが、モータ電流 I_m の電流成分が直流成分と交流成分とからなっていることに変わりはない。また、モータ電流 I_m が増減すると、主として直流成分は増減するが交流成分はそれほど変化しない。

【0019】図1に示すように、本発明の回転検出装置は、小型直流モータ1のブラシに流れるモータ電流 I_m の変化から検出信号を得るために、モータ電流 I_m が流れる駆動回路40に回転検出用回路2を接続している。小型直流モータ1の駆動回路40には、スイッチング素子であるPWM制御用トランジスタ3が接続されている。トランジスタ3にPWM制御用の信号4が入力すると、トランジスタ3はオンオフして、駆動回路40の端子 V_+ 、 V_- 間に印加されて小型直流モータ1を駆動する電圧（例えば+12V）をパルス状とし、そのパルス幅を変化させている。トランジスタ3に入力するPWM制御信号4は、PWM制御回路15によりPWM化されて出力されるようになっている。

【0020】回転検出用回路2は、小型直流モータ1の一方の端子とPWM制御用トランジスタ3との間に接続されており、前記回路2はトランス5を含んでいる。図1及び図2に示すように、トランス5のトランス一次側回路は、モータ電流 I_m が流れる第1のコイル6と、第1のコイル6に直列に接続されるとともに第1のコイル6に対して逆方向に巻回され且つ磁心を共有して第1のコイル6の磁界と同じ強さの磁界を発生させる第2のコイル7と、両コイル6、7のうち一方のコイル（本実施例では第2のコイル7）に並列に接続されたコンデンサ8とにより構成されている。トランス5の二次側コイル9を含むトランス二次側回路からは、モータ電流 I_m の交流成分による交流の信号 S_1 が出力される。トランス二次側回路の一方の端子は接地されている。

【0021】本実施例においては、第1、第2のコイル

6, 7の巻数を同一にすることにより、両コイル6, 7が同じ強さの磁界を発生させるようにしている。なお、巻数を同一にしないで、両コイル6, 7の線径、環状コイルの直径、鉄心などを変更することにより、両コイルが互いに同じ強さの磁界を発生させるようにしてもよい。図3に示すように、トランス5及びトランス5のコンデンサ8は、基板10に固定され、基板10に形成された回路パターン及び半田付けされたリード線により接続されている。トランス一次側回路の配線12にはモータ電流 I_M が流れ、トランス二次側回路の配線13を介して検出信号としての交流の信号 S_1 が出力される。

【0022】図2に示すように、トランス5の磁心にはフェライトなどからなるリング状の鉄心14が使用されており、第1, 第2のコイル6, 7及び二次側コイル9が鉄心14にそれぞれ巻回されている。これにより、第1, 第2のコイル6, 7は鉄心14を共有することとなる。なお、本実施例においては、コンデンサ8は第2のコイル7に並列に接続されているが、コンデンサ8を第1のコイル6に並列に接続する場合であってもよい。また、トランス5の磁心は鉄心14を設けない空心構造であってよい。

【0023】図1に示すように、トランス5のトランス二次側回路から出力されるモータ電流 I_M の交流成分による交流の信号 S_1 は、整流増幅回路20により整流及び増幅される。整流増幅回路20から出力される信号 S_2 は、平滑回路としてのフィルタ回路21によりノイズが除去され且つ平滑化されて出力端子22から検出信号である回転信号 S_3 として抽出される。

【0024】整流増幅回路20を構成するコンパレータ23の基準電圧入力端子は接地され、コンパレータ23の入力端子は、抵抗24を介してトランス5の二次側コイル9に接続されている。また、コンパレータ23には、定電圧電源端子 V_0 から定電圧（例えば+1.2V）が供給されている。

【0025】コンパレータ23からの出力信号 S_2 が入力するフィルタ回路21は抵抗25とコンデンサ26とからなっており、コンパレータ23の出力端子は抵抗25とコンデンサ26との間のノードに接続されている。抵抗25には定電圧電源端子 V_0 から定電圧（例えば1.2V）が供給され、コンデンサ26の一端は接地されている。

【0026】上述のように構成された回転検出装置による作動要領を、図4及び図5に示す波形図をも参照して説明する。図4は小型直流モータ1をPWM制御しない時の波形図、図5は、PWM制御用トランジスタ3にPWM制御用の信号4を入力してモータ1をPWM制御した場合の波形図である。各図中（A）はモータ電流 I_M の電流波形を示しており、各図中（B）、（C）及び（D）は、交流の信号 S_1 、コンパレータ23の出力信号 S_2 及び出力端子22での回転信号 S_3 の各波形をそ

れぞれ示している。

【0027】まず、モータ1をPWM制御しない場合について、図4を参照しながら説明する。PWM制御用信号4によりPWM制御用トランジスタ3をオンした状態で端子 V_0 、 V_1 間に電圧を印加することにより、小型直流モータ1にモータ電流 I_M を供給してモータ1を回転させると、モータ1からは図4（A）に示すような脈動するモータ電流 I_M がトランス5のトランス一次側回路に流れる。第1, 第2のコイル6, 7に流れるモータ電流 I_M の電流成分のうち直流成分は、第1, 第2のコイルが同一巻数で相反する巻回方向であるため、各コイル6, 7は方向が逆で強さが同一の磁界を発生させる。こうして鉄心14内に発生した磁界は全体として打消されるので、鉄心14内の磁界は飽和しない。

【0028】モータ電流 I_M の電流成分のうち交流成分は、コンデンサ8が並列に接続された第2のコイル7においてはコンデンサ8にバイパスされるので、第2のコイル7自体には流れない。

【0029】一方、第1のコイル6にはコンデンサが接続されていないので、前記交流成分は第1のコイル6を流れて鉄心14の内部に交流磁界を発生させる。この交流磁界の電磁誘導作用により、二次側コイル9に起電力が誘起されて、信号 S_1 が発生する。微弱電圧の信号 S_1 は、図4（B）に示すように、電圧零のレベルを中心にしてその大きさと向きが時間の経過とともに周期的に変化する波形を有しているため、回転数情報（すなわちピッチP）を含む交流の信号であることが分かる。

【0030】交流の信号 S_1 は、定電圧電源端子 V_0 から供給されるプラス電源で使用するコンパレータ23により半波整流され且つ微弱電圧を増幅され、図4（C）に示すような矩形波のパルス信号 S_2 が出力される。この信号 S_2 はフィルタ回路21によりノイズが除去されるとともに平滑化され、図4（D）に示すような波形の回転信号 S_3 が出力される。

【0031】次に、PWM制御回路15からPWM制御用トランジスタ3にPWM制御信号4を出力し、トランジスタ3をオンオフさせて小型直流モータ1をPWM制御する場合について、図5を参照しながら説明する。この場合には、ブラシに流れるモータ電流 I_M の波形は、図4（A）に示す基本波に高周波が乗った波形になっている（図5（A）参照）。

【0032】モータ電流 I_M を駆動回路40に流し、前記と同様にトランス5から交流の信号 S_1 を出力すれば、この信号 S_1 は、図5（B）に示すように同波数の高い交流の波形となる。信号 S_1 をコンパレータ23により整流増幅して図5（C）に示すような矩形波のパルス信号 S_2 を得たのち、フィルタ回路21により信号 S_2 を平滑化する。

【0033】この場合、抵抗25及びコンデンサ26により構成されるフィルタ回路21の時定数をPWMの周

期より大きくして平滑化すれば、PWM制御によるモータ電流 I_m の脈動やノイズの影響が除去される。これにより、図5(D)に示すように、フィルタ回路21は基本波が有していた回転数情報(すなわちピッチP)をもった脈動のみを抽出した波形を有する回転信号 S_r を出力する。

【0034】以上説明したとおり、本発明においては、トランス5をモータ1の駆動回路40に設け、第1、第2のコイル6、7が鉄心14内に発生させるモータ電流 I_m の直流成分による各磁界を相互にキャンセルさせたので、モータ1の負荷状態の変動やPWM制御等によりモータ電流 I_m が増減しても、その直流成分により発生する磁界は常にキャンセルされる。

【0035】従って、コンデンサ8が接続されていない方の第1のコイル6に流れる交流成分のみが鉄心14に交流磁界を発生させることとなり、これにより起電力が生ずる二次側コイル9は前記交流成分による交流の信号 S_1 を常に正確に出力して、モータ回転(例えば回転の合計値や回転数)を検出することができる。よって、モータ1の負荷電流が増減しても、鉄心14内の磁界が飽和することはなく、回転検出装置が誤動作することはない。

【0036】また、モータ電流 I_m が流れる第1、第2のコイル6、7に対して、信号 S_1 を出力する二次側コイル9は組線されているので、複数のモータ駆動回路や回転検出回路を相互に接続して使用しても、各信号の電位関係に注意を払う必要はなく、実装上の制約を受けることはない。更に、モータ1から遠く離れた場所であっても、本実施例の回転検出装置を用いてモータ電流 I_m を検出することにより、モータ回転の検出を極めて容易に行うことができる。

【0037】図6は本発明の他の実施例を示す図で、回転検出装置をブリッジ回路に接続した場合の回路図である。

【0038】図示するように、前記実施例と同様の構成の回転検出装置30を、可逆運転回路としてのブリッジ回路31に接続している。ブリッジ回路31は、小型直流モータ1のモータ電流 I_m が流れる向きを正逆方向に切り替えてモータ1を可逆運転するためのものである。なお、この図ではコンデンサ8を第1のコイル6に並列に接続した場合を示したが、図1と同様にコンデンサ8を第2のコイル7に並列に接続する場合であってもその作動状況は同一である。

【0039】ブリッジ回路31においては、回転検出装置30と小型直流モータ1とを直列に接続し、この直列回路の一端を、スイッチング素子としての正転ドライブ用トランジスタ32aと逆転ドライブ用トランジスタ33aとの間のノードに接続し、また他端を、スイッチング素子としての正転ドライブ用トランジスタ32bと逆転ドライブ用トランジスタ33bとの間のノードに接続

している。

【0040】電圧(例えば+12V)が印加される両端子 V_+ 、 V_- のうち一方の端子 V_+ は、正転ドライブ用トランジスタ32aと逆転ドライブ用トランジスタ33bとの間のノードに接続され、他方の端子 V_- は、正転ドライブ用トランジスタ32bと逆転ドライブ用トランジスタ33aとの間のノードに接続されている。

【0041】このようなブリッジ回路31は、モータ1を頻繁に正逆運転する制御を行う場合に都合がよい。モータ1を正転させる場合には、端子 V_+ 、 V_- 間に電圧を印加し、制御信号34により正転用のトランジスタ32a、32bのみをオンすると、トランジスタ32a→回転検出装置30→モータ1→トランジスタ32bの回路に順方向電圧が加わり、モータ1には図中右方向にモータ電流 I_m が流れてモータ1は正回転する。

【0042】次に、モータ1を逆転させる場合には、制御信号34により正転用のトランジスタ32a、32bをオフさせてモータ電流 I_m が零になった後、制御信号34により逆転用のトランジスタ33a、33bをオンすると、トランジスタ33b→モータ1→回転検出装置30→トランジスタ33aの回路に順方向電圧が加わり、モータ1には図中左方向にモータ電流 I_m が流れてモータ1は逆回転する。

【0043】このように、モータ1を正転・逆転させると、トランス5のトランス一次側回路に流れる直流電流の向きも正方向・逆方向になる。ところが、直流電流が流れてもトランス一次側回路の第1のコイル6及び第2のコイル7の両方とも電流の向きに関しては制約がないので、二次側コイル9には、回転数情報をもった交流の信号 S_1 が発生し、前記実施例と同様の作用効果を奏する。なお、この場合におけるコンデンサ8は、両極性のコンデンサにする必要がある。

【0044】なお、前記各実施例では、トランジスタ3、32a、32b、33a、33bにMOS電界効果トランジスタを用いたが、バイポーラ形トランジスタなど他の種類のスイッチング素子を用いてもよい。なお、各図中同一符号は同一又は相当部分を示す。

【0045】

【発明の効果】本発明に係る小型直流モータの回転検出装置は上述のように構成したので、モータの負荷状態の変動によりモータ電流が増減しても常に安定した検出信号を出力してモータ回転を検出することができ、また、各信号の電位関係の制約を受けることもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1乃至図5は本発明の一実施例を示す図で、図1は回転検出装置の回路図である。

【図2】図1の部分詳細図である。

【図3】図2の外観構造を示す斜視図である。

【図4】小型直流モータをPWM制御しない時の波形図である。

(6)

特開平6-339293

9

10

【図5】小型直流モータをPWM制御した時の波形図である。

【図6】本発明の他の実施例を示す図で、回転検出装置をブリッジ回路に接続した場合の回路図である。

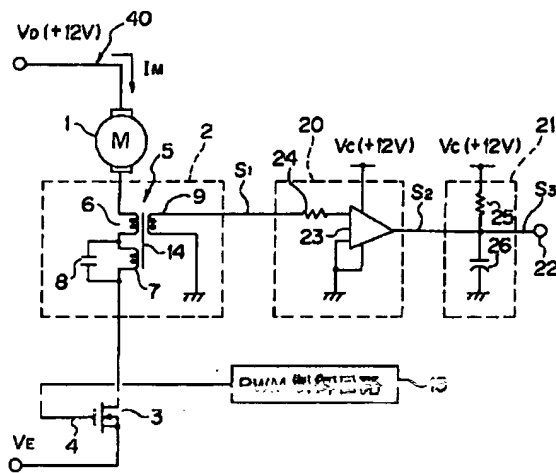
【符号の説明】

- 1 小形直流モータ
- 5 トランス
- 6 第1のコイル
- 7 第2のコイル
- 8 コンデンサ

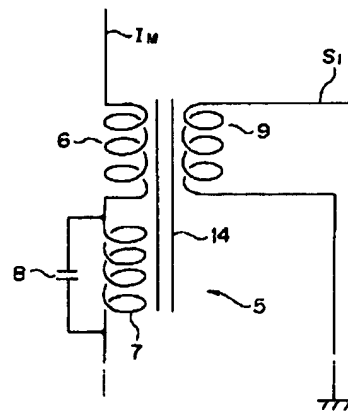
- 14 鉄心（磁心）
- 20 整流増幅回路
- 21 フィルタ回路（平滑回路）
- 30 回転検出装置
- 31 ブリッジ回路（可逆運転回路）
- I_M モータ電流
- S_1 交流の信号（検出信号）
- S_2 出力信号
- S_3 回転信号（検出信号）

10

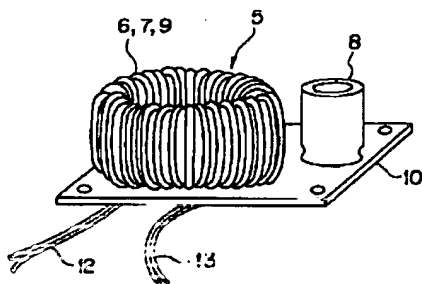
【図1】



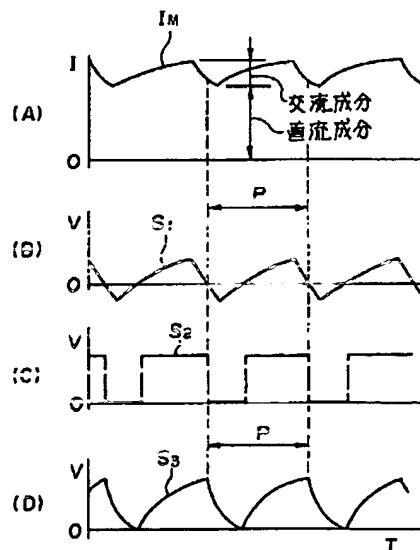
【図2】



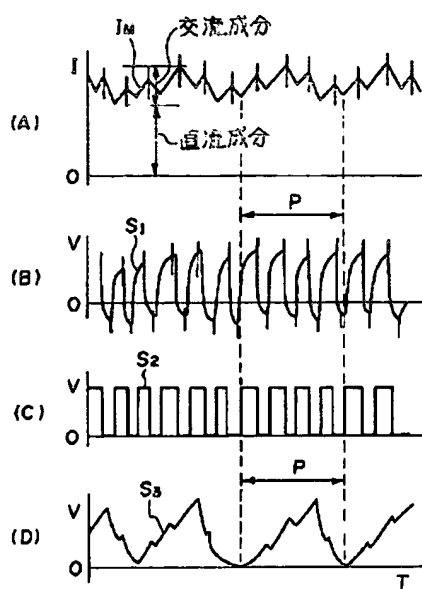
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

